

направлены на создание условий для обеспечения их профессионального роста, способности самостоятельно решать профессиональные проблемы инженерного характера и формирование направленности на достижение вершин профессиональной деятельности.

Важная роль в этом процессе принадлежит внедрению в систему профессионального обучения инновационных форм организации учебного процесса.

Одной из таких технологий обучения является алгоритмический подход с применением компьютерных средств. Профессиональное обучение студентов по алгоритмам профессионально направленной информации повышает эффективность формирования профессиональных качеств будущих инженеров-электриков.

**Ключевые слова:** инженерное образование, инженер-электрик, профессиональное образование, алгоритмический подход, алгоритм, учебный алгоритм, алгоритмизация обучения, учебная деятельность, алгоритмические подходы.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Ковальчук Майя Борисівна** – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри вищої математики Вінницького національного технічного університету.

*Коло наукових інтересів:* проблеми методики навчання вищої математики.

**Михайленко Любов Федорівна** - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри алгебри і методики навчання математики Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського

*Коло наукових інтересів:* Підготовка майбутнього вчителя математики

УДК 004.896

**М.А. Подалов**

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины*

### РАЗРАБОТКА ШАГАЮЩЕГО РОБОТА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

В статье рассматривается разработка шагающего робота с обратной связью на базе аппаратной платформы ARDUINO. Базовой кинематической моделью движения робота выбрана модель движения кинетических скульптур Тео Янсена. Трёхмерная модель элементов шагающего робота была разработана в бесплатной программе Google SketchUp. Некоторые элементы шагающего робота изготовлены из АБС-пластика с помощью 3D-печати. Блок управления реализован с помощью аппаратной платформы ARDUINO UNO и платы управления тяговыми двигателями RS-385SH. Обратная связь обеспечивалась ультразвуковым датчиком HC-SR04 с помощью написанной программы на языке C++. Тестовые испытания показали способность шагающего робота обходить препятствия попадающие в сектор обзора ультразвукового датчика.

**Ключевые слова:** Робот, Ардуино, 3D-принтер, шагающий робот, обратная связь, датчик, алгоритм, кинематическая скульптура.

**Постановка проблемы.** В настоящее время робототехника получает все более широкое распространение не только в специализированных ВУЗах и производствах, но и используется в развлекательных и учебных областях, даже на уровне школы. Сейчас не редкость использование различных роботов в различных сторонах общественной жизни. Исходя из такого широко распространения роботизированных платформ различного назначения, была поставлена задача, разработать и изготовить шагающий робот с обратной связью. Шагающий способ представляет основной интерес для движения по



Данная платформа создается из АБС-пластика и металлических шпилек, винтов и гаек. Для изготовления пластиковых деталей использовался 3D-принтер. 3D-принтеры создают реальные, осязаемые вещи из виртуальных моделей. В начале, в программе для 3D-моделирования создается цифровая версия будущего объекта. Далее модель обрабатывается специальной программой («слайсер» или «генератор G-кода»). Исходный объект “разрезается” на тонкие горизонтальные слои и преобразуется в цифровой код, понятный 3D-принтеру. Иными словами, слайсер создает набор команд, которые указывают 3D-принтеру, как и куда нужно наносить материал при 3D-печати данного объекта.

Существует множество типов 3D-принтеров, различающихся по устройству и принципам работы. Однако, все эти приборы используют один и тот же базовый принцип 3D-печати – построение объекта из тонких горизонтальных слоев материала (рис. 3).

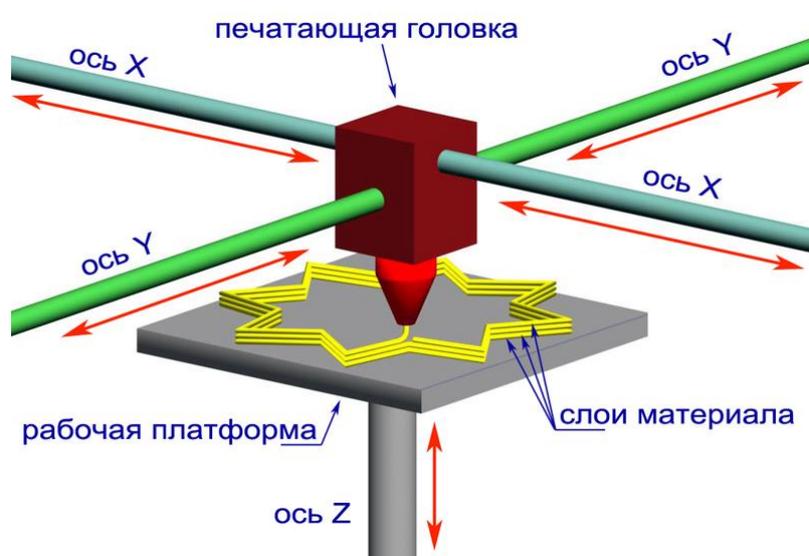


Рис. 3. Схематическое устройство механизмов 3D принтера

На рисунке выше показано схематическое устройство механизмов. Это очень упрощенная модель – она служит только для наглядной демонстрации базовых принципов работы 3D-принтера.

*Печатающая головка*, формирует слои материала, постепенно вырастая из них объект. Она движется только в горизонтальной плоскости (вдоль осей X и Y).

*Рабочая платформа* служит для размещения объекта при печати, она движется сверху-вниз (по оси Z).

Процесс 3D-печати достаточно прост. Вначале, рабочая платформа находится в верхнем положении, а печатающая головка накладывает на нее нижний слой объекта. После того как первый слой сформирован, рабочая платформа опускается на толщину слоя, и печатающая головка накладывает новый слой материала на предыдущий.

Этот цикл повторяется до тех пор, пока не будет построен целый объект.

Ключевая характеристика любого 3D-принтера – «разрешение печати». Под этим параметром понимают минимально допустимую высоту слоя материала, с которой может печатать данный 3D-принтер. Разрешение печати принято обозначать в микрометрах (мкм), то есть тысячной доле миллиметра.

Чем тоньше слои, тем больше времени 3D-принтеру нужно затратить на создание объекта, тем больше нагрузка на печатающие механизмы, быстрее происходит их износ.

Разрешение печати зависит от многих факторов:

- От технологии работы 3D-принтера (например, лазерные принтеры печатают самые детализированные модели);
- От точности работы печатающих механизмов конкретной модели;
- От выбранного материала для 3D-печати;
- От настроек программного обеспечения [2].

Трёхмерная модель элементов шагающего робота была разработана в бесплатной программе Google SketchUp.

После того как были распечатаны все детали, производилась первичная сборка всех деталей шасси, рис. 5.

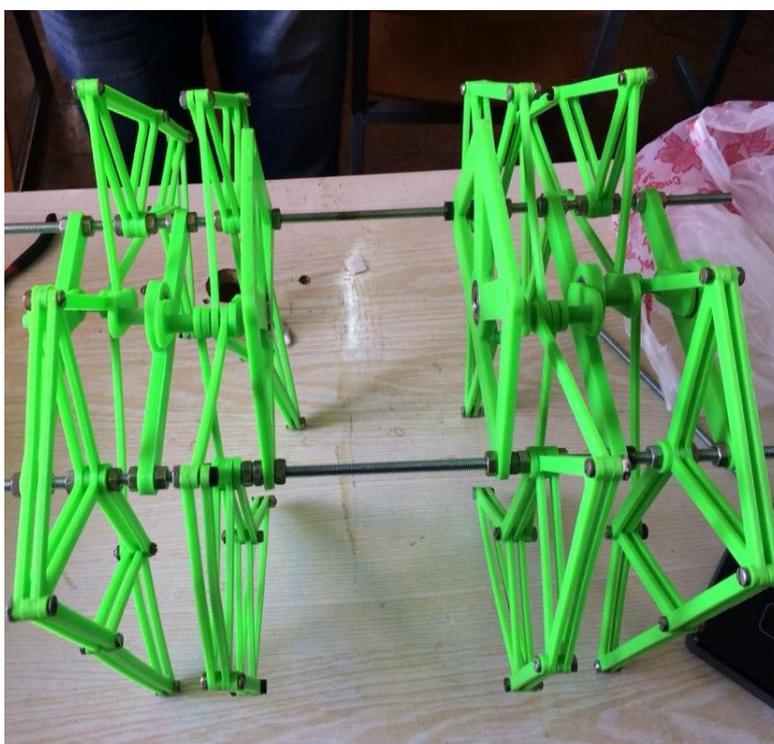


Рис. 5. Сборка элементов шасси

С помощью 3D-принтера распечатано 56 различных элементов конструкции шасси. Материалом для элементов выступил АБС-пластик. На данной стадии изготовления шагающего робота выбор материала элементов обусловлен его сравнительной дешевизной и доступностью, в тоже время АБС-пластик обладает рядом существенных недостатков в качестве конструктивного материала. АБС-пластик довольно быстро деградирует под действием естественного освещения, становится ломким и хрупким. Вследствие механических нагрузок на конструкцию шасси, АБС-пластик достаточно часто трескается в местах наиболее высоких механических напряжений. Множество вращающихся частей шасси приводит к появлению больших потерь мощности двигателей на силу трения скольжения. Данные потери на силу трения можно существенно уменьшить, тщательно смазывая машинным маслом все соприкасающиеся места шасси и уменьшая натяг стопорящих гаек на опорных валах. Так же, можно использовать

фторопластовые шайбы для уменьшения трения скольжения. Опоры валов шасси соединены посредством 6 шарикоподшипников (внутренний диаметр 8мм; наружный диаметр 22мм; ширина 7мм).

**2 Функциональные компоненты системы автоматизированного управления шагающего робота.** Базой системы автоматизированного управления робота является аппаратная платформа Arduino UNO. Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными. Программирование осуществляется посредством собственной программной оболочки (IDE). Языком программирования является C++ [3].

Функциональная схема устройства, состоит из нескольких основных компонентов, в комплексе реализующих цифровую САУ:

Список необходимых компонентов:

- 1) плата управления;
- 2) силовой модуль;
- 3) датчик.

Платой управления является Arduino UNO.

В качестве силового модуля использовались два электродвигателя RS-385SH, схема управления тяговыми двигателями представлена на рисунке 6.

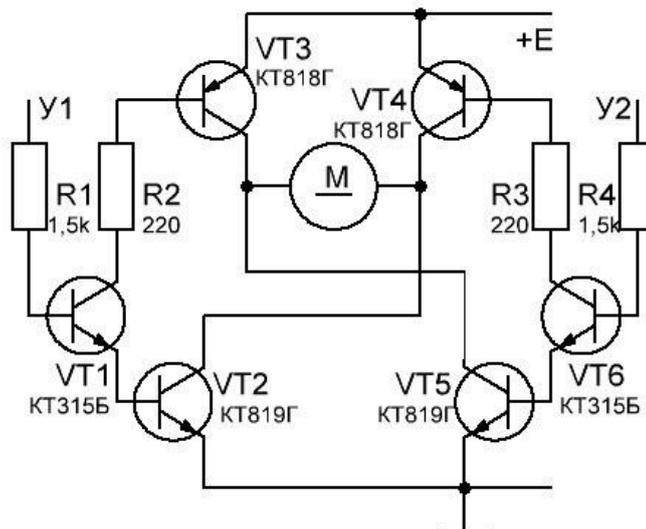


Рис. 6. Силовой модуль управления двигателями

В качестве датчика использовался ультразвуковой датчик HC-SR04, который способен определять расстояние до объектов от 2 до 450 см.

Принцип действия заключается в следующем: датчик отправляет ультразвуковые сигналы, которые отражаясь от объекта, возвращаются обратно. По задержке отраженного сигнала определяется расстояние до объекта.

При включённом состоянии осуществляется подача питания на приводы и датчики, начинается обработка данных с аналоговых входов микроконтроллера.

**3 Алгоритм движения робота.** Обратная связь шагающего робота принципиально состоит в следующих логических блоках:

1. сканирование пространства перед роботом ультразвуковым датчиком;
2. обработка сигнала управляющей схемой;
3. определение расстояние до объекта после его обнаружения;
4. после уменьшения минимального расстояния (1 м), платой управления подается команда на остановку одного из тяговых двигателей, после остановки двигателя, шагающий робот начнет поворачивать в сторону остановленного двигателя;
5. после поворота на 90 градусов (определяется экспериментально отсечкой времени нужной на поворот робота), активируется команда платы управления в силовой блок для включения остановленного тягового двигателя, далее цикл повторяется при возникновении следующего препятствия перед роботом менее определенного минимального значения.

Для обеспечения функционирования автоматизированной системы управления написана программа на языке C++ для микроконтроллера ARDUINO UNO.

На шагающий робот был установлен только один ультразвуковой датчик, если установить два или более, то можно улучшить алгоритм избирательного маневрирования робота при прохождении препятствий.

**Выводы.** Итогом работы стал разработанный шагающий робот под управлением ARDUINO UNO (рис. 7).

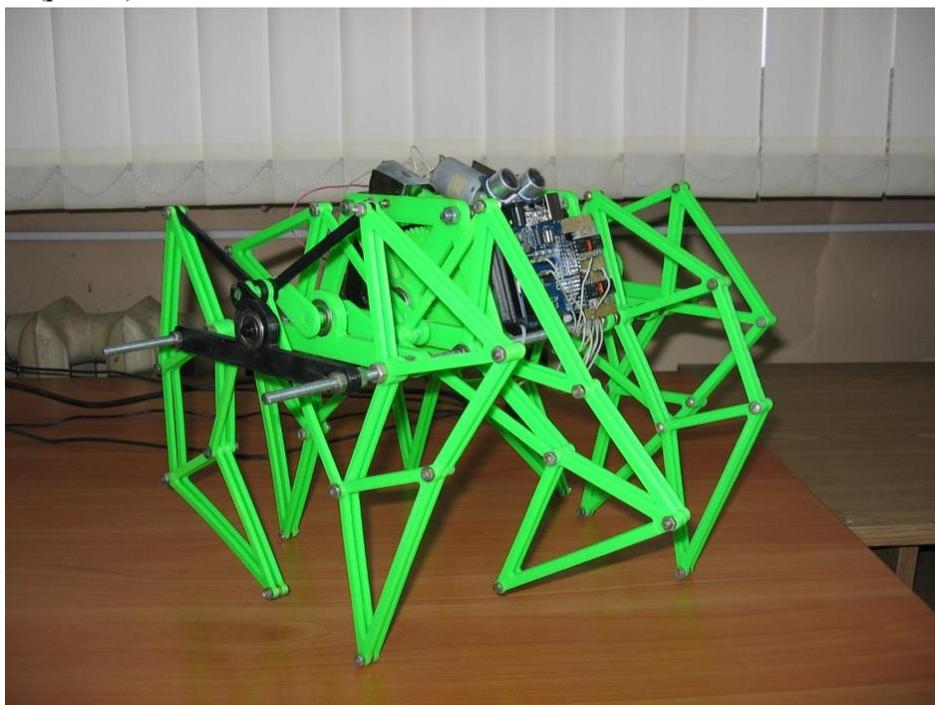


Рис. 7. Шагающий робот с обратной связью

Шагающий робот с обратной связью успешно преодолел тестовые испытания и смог обходить препятствия по заданному ранее алгоритму. Данный робот, в дальнейшем, может использоваться, как базовая платформа для обучения студентов и школьников основам робототехники, мехатроники и программированию микроконтроллеров.

Автор выражает благодарность за помощь в 3D-печати Ковалеву А.А. и консультировании и инспекции кода Побияхе А.С.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тео Янсен. Инженер, создавший жизнь. [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: [http://erazvitie.org/article/teo\\_jansn\\_inzhner\\_sozdavshij\\_zhizn](http://erazvitie.org/article/teo_jansn_inzhner_sozdavshij_zhizn). – Режим доступа: 19.03.2016
2. Как работает 3D-принтер? Базовые понятия и некоторые важные термины [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://3dwiki.ru/kak-rabotaet-3d-printer-bazovye-ponyatiya-i-nekotorye-vazhnye-terminy>. – Режим доступа: 19.03.2016
- 3 Программирование Ардуино [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Reference>. – Режим доступа: 19.03.2016

**Maxim Podalov**

Gomel State University

### DEVELOPMENT OF A BACK-COUPPLING WALKING ROBOT BASED ON THE ARDUINO PLATFORM

*The article describes the development of a back-coupling walking robot based on ARDUINO hardware platform. Theo Jansen model of motion of kinetic sculptures was chosen as a basic kinematic model of the robot's motion. The three-dimensional model of the walking robot was developed in the freeware program Google SketchUp. Some elements of the walking robot are made of ABS plastic using 3D-printing. The control block is implemented using a hardware platform ARDUINO UNO and the control board of traction motors RS-385SH. The back-coupling was provided by an ultrasonic sensor HC-SR04 using a program written in C ++. Our tests have shown the ability of the walking robot to avoid obstacles which are in the field of view of the ultrasonic sensor.*

**Keywords:** Robot, ARDUINO, 3D printer, walker, back-coupling, sensor, algorithm, kinetic sculpture.

**М.А. Подалов**

Гомельский державний університет імені Франциска Скоріні

### РОЗРОБКА КРОКУЮЧОГО РОБОТА ЗІ ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

*У статті розглядається розробка крокуючого робота зі зворотним зв'язком на базі апаратної платформи ARDUINO. Базою кінематичної моделі руху робота обрана модель руху кінетичних скульптур Тео Янсена. Тривимірна модель елементів крокуючого робота була розроблена в безкоштовній програмі Google SketchUp. Деякі елементи крокуючого робота виготовлені з ABS-пластика за допомогою 3D-друку. Блок управління реалізований за допомогою апаратної платформи ARDUINO UNO і плати управління тяговими двигунами RS-385SH. Зворотній зв'язок забезпечувався ультразвуковим датчиком HC-SR04 за допомогою написаної програми на мові C ++. Тестові випробування показали здатність крокуючого робота обходити перешкоди, що потрапляють в сектор огляду ультразвукового датчика.*

**Ключові слова:** робот, Ардуіно, 3D-принтер, крокуючий робот, зворотний зв'язок, датчик, алгоритм, кінетична скульптура.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Подалов Максим Александрович** – магистр естественных наук, ассистент кафедры общей физики, учреждение образования Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины (Гомель, Беларусь).

*Научные интересы:* мехатроника и информационные технологии обучения.